

УДК 546.42:546.36:631.43:633.491

Т. В. Арастович (atvnir@yandex.ru),
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Гомельского государственного
университета имени Ф. Скорины

Ж. В. Кадолич (cilodak@mail.by),
кандидат технических наук, доцент
Белорусского торгово-экономического
университета потребительской кооперации

ОЦЕНКА УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО КАРТОФЕЛЯ

Установлено, что в значительном количестве исследованных проб картофеля столовых сортов (60%), выращенного в 2011 году в сельскохозяйственных организациях и личных подсобных хозяйствах Хойникского и Брагинского районов Гомельской области, был превышен допустимый уровень содержания нитратов для продовольственного сырья и пищевых продуктов. Удельная активность цезия-137 в картофеле значительно ниже допустимого уровня. В 20% исследованных проб наблюдается превышение содержания стронция-90. Свинец и кадмий обнаружены в картофеле в количествах, не превышающих допустимые уровни.

The monitoring of agricultural organizations and personal farms in Hohniki and Bragin regions in 2011 shows that the acceptable nitrate level is exceeded in about 60 per cent of the investigated table potato samples. Caesium-137 specific activity in potato samples is considerably below acceptable level. The level of strontium-90 is exceeded in 20 per cent of the investigated samples. Lead and cadmium contents are within acceptable levels.

Ключевые слова: картофель; нитраты; радионуклиды; токсичные элементы; микроэлементы.

Key words: potato; nitrates; radionuclides; toxicants; microelements.

Введение

После чернобыльской катастрофы для получения сельскохозяйственной продукции с допустимыми уровнями содержания радионуклидов проводились защитные агрохимические мероприятия: известкование кислых почв, применение органических, повышенных доз калийных и фосфорных удобрений, ограниченных доз азотных удобрений, микроудобрений и др. Увеличение концентрации обменных катионов в почве приводит к повышению биомассы растений за счет оптимального минерального питания и уменьшению подвижности радионуклидов. Известкование оказывает многостороннее влияние на улучшение агрохимических, агрофизических и биологических свойств почв, снабжения растений кальцием и магнием, что обеспечивает получение экологически безопасной продукции [1]. В то же время высокие дозы извести и удобрений приводят к обеднению урожая микроэлементами. Повышенные дозы фосфора снижают доступность для растений цинка, азота, меди и молибдена. Под влиянием карбонатов содержание марганца, меди, цинка в растениях может уменьшаться, что оказывает негативное влияние на качество урожая [2].

Допустимые уровни содержания нитратов, токсичных элементов, радионуклидов, микотоксинов и пестицидов определены в нормах, правилах и требованиях, приведенных в гигиенических нормативах [3] и [4]. Обязательным является контроль показателей безопасности растениеводческой продукции для реализации [5], в то время как большинство населения не проводит проверку овощей и картофеля, произведенных для собственного потребления. Все это предопределяет необходимость комплексной оценки качества урожая при ведении растениеводства в условиях радиоактивного загрязнения.

Цель исследований – оценить содержание нитратов, цезия-137, стронция-90, свинца, кадмия, меди, цинка, марганца, кобальта, молибдена, железа в сопряженных пробах почвы и картофеля, выращенного в зоне радиоактивного загрязнения.

Исследования выполнены в рамках научной темы «Оценить качество товарной продукции и кормов, возделываемых на территориях, загрязненных радионуклидами, с учетом проведенных защитных агрохимических мероприятий» темы «Радиационная защита и адресное применение защитных мер» направления «Научное обеспечение мероприятий Государственной программы и

совершенствование информационной работы» Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2011–2015 годы и на период до 2020 года.

Пробы дерново-подзолистых супесчаных почв и выращенного на них среднепозднеспелого картофеля (хозяйственно-ботанических сортов Скарб, Рагнеда, Вектар и др.) были отобраны в сентябре 2011 года на землях сельскохозяйственных организаций КСУП имени Жукова Брагинского района, КСУП «Судково» и РСУП ЭБ «Стреличево» Хойникского района (35 сопряженных проб) и в личных подсобных хозяйствах (ЛПХ) населенных пунктов Бурки, Ковали, Микуличи Брагинского района и Судково Хойникского района (40 сопряженных проб). С каждой пробной площадки (1 м²) отбиралась проба картофеля и проба верхнего (0–20 см) горизонта почвы пробоотборником диаметром 35 мм.

Анализ проб почв и картофеля для определения показателей плодородия и безопасности выполнен в аккредитованной лаборатории массовых анализов РНИУП «Институт радиологии». Были получены показатели плодородия почв, содержания микроэлементов (МЭ) и токсичных элементов (ТЭ), цезия-137 и стронция-90 в почве и картофеле, нитратов в картофеле. Определение удельной активности (УА) ¹³⁷Cs в почвах и растениях выполнено на гамма-спектрометрическом комплексе «Canberra-Packard»; ⁹⁰Sr – по требованиям методики радиохимического определения УА ⁹⁰Sr в почвах и растениях без разделения в системе стронций-кальций (с погрешностью не более 20%). Основные агрохимические характеристики почв определены по общепринятым методикам: рН_{KCl} – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483), подвижный фосфор и калий – по методу Кирсанова (ГОСТ 26207); обменный кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре ААС-30 (ГОСТ 26487). Анализ на содержание МЭ и ТЭ проведен согласно методическим указаниям по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства (ЦИНАО, 1992). При расчете значений параметра перехода радионуклидов из почвы в растения – коэффициента перехода (КП) – использовали данные удельной активности ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в сопряженных пробах почв и картофеля. Показатели плодородия почв и содержания в них радионуклидов, МЭ и ТЭ сравнивали с требованиями нормативов [6–8], показатели безопасности картофеля – с требованиями нормативов [3; 4; 9].

Влияние агрохимических мероприятий на показатели безопасности картофеля. В комплексе факторов формирования урожая и показателей его безопасности решающее значение имеет сбалансированное питание растений. В длительных опытах на различных типах почв проводились исследования этих факторов при систематическом применении возрастающих доз удобрений. Так, на дерново-подзолистой почве внесение высокой дозы минеральных удобрений N₁₈₀P₁₈₀K₁₈₀ под картофель и 60 т/га навоза приводило к незначительному повышению урожая, но ухудшало качество клубней: снижалось содержание крахмала, повышалось содержание белка и нитратного азота. Избыточные дозы азотных удобрений приводят к накоплению нитратов, снижению содержания сахаров и витаминов в продукции [10; 11]. Это подтверждают данные исследований по изменению плодородия почвы под влиянием удобрений в течение 11 ротаций севооборота с чередованием культур (томат, капуста, морковь, картофель, огурец) [12].

Информация о влиянии длительного последствия высоких доз удобрений, известкования на подвижность МЭ и ТЭ в почвах ограничена. Длительное применение минеральных и органических удобрений не приводило к увеличению их содержания в почве. Кадмий, свинец, молибден, кобальт находились в почве в количествах ниже предельно допустимых концентраций (ПДК), однако наблюдалась тенденция увеличения хрома и снижения содержания цинка, меди и никеля в почве за 30-летний период наблюдений [12].

Для нейтрализации ТЭ фосфорные удобрения вносятся в больших количествах, чем необходимо для обеспечения планируемой урожайности. Кроме того, внесение минеральных, в том числе фосфорных, удобрений ведет к обеспечению оптимального состояния растений, увеличению их сопротивляемости неблагоприятным факторам внешней среды и снижению токсического воздействия тяжелых металлов на растительные организмы [9]. Установлено, что при одностороннем внесении возрастающих доз фосфора, в первую очередь, снижалось содержание железа и цинка, увеличивалось содержание марганца в растениях. В то же время взаимодействие железа, цинка, меди и фосфора неустойчиво и связано с уровнем содержания калия [13]. При использовании азотных удобрений агроэкологическая оценка действия фосфорных удобрений по элементному составу растений более благоприятная, что связано с положительным влиянием азотных удобрений на эффективное плодородие исследуемой почвы. При одностороннем внесении азотных удобрений происходят изменения в балансе отдельных элементов. Для кремния, цинка, никеля, свинца, магния, калия, железа, меди, мышьяка наблюдается слабое нарушение баланса; для фосфора – сильное

нарушение в сторону дефицита; хлора, марганца, кальция – сильное нарушение баланса в сторону обострения избытка. Более благоприятно действует на баланс элементов одинарная доза азота. Под влиянием азотных удобрений устраняется антагонизм баланса марганца и железа, кремния, но одновременно с этим усиливается дефицит фосфора [14].

При оптимальных значениях реакции почвенной среды отмечается минимальное поступление радионуклидов в растения, поэтому в зоне радиоактивного загрязнения основная цель известкования – это нейтрализация кислотности почвы и насыщение поглощающего комплекса кальцием и магнием. Установлено, что после внесения известковых удобрений в оптимальных дозах содержание цезия-137 и стронция-90 в растениях снижалось примерно в 1,5–2,5 раза, в отдельных случаях до 3 раз [1; 15–17]. Реакция почвы – важнейший фактор, определяющий токсичность тяжелых металлов и их накопление в растениеводческой продукции. При известковании они выпадают из почвенного раствора в осадок в виде гидроксидов, карбонатов, фосфатов, уменьшается подвижность кадмия, цинка, меди и др. Кроме того, ион кальция является антагонистом многих металлов и снижает их поступление в растения [18; 19]. В опыте с длительным последствием извести изучалось содержание в почве и растениях МЭ и ТЭ. Внесение высоких доз извести приводило к снижению содержания в почве подвижных форм марганца и накопления их растениями. Менее значимым было влияние извести на содержание в почве и растениях меди и цинка [14]. Сопоставление содержания кадмия, цинка и меди в клубнях картофеля при загрязнении почвы этими элементами показало, что при величине pH_{KCl} 5,7–6,1 по мере роста уровня загрязнения почвы до высокого содержание этих элементов в клубнях увеличивалось. При слабощелочной реакции среды, pH_{KCl} 7,3–7,7, даже на сильнозагрязненных почвах содержание кадмия, цинка и меди в растениях соответствовало показателям картофеля, выращенного на почвах с низким уровнем содержания этих элементов в почве [20].

Результаты анализа основных показателей плодородия почв свидетельствуют о высокой степени окультуренности исследованных почв организаций и ЛПХ (таблица 1). Средние значения основных показателей плодородия превышают оптимальные, однако при близкой реакции почвы pH_{KCl} 6,3±0,7 содержание подвижного калия и фосфора, обменного кальция и магния, гумуса в почвах ЛПХ выше. Кальций-магниевое и калий-фосфорное отношения в ЛПХ и организациях близки и составляют 4,3±1,1 и 0,7±0,2, что ниже оптимальных значений (8,0–8,8 и 0,9–1,0 соответственно).

Таблица 1 – Показатели плодородия и содержания МЭ и ТЭ в почвах

Показатели	Оптимальные показатели (градации, ПДК)	Организации (N = 35)	ЛПХ (N = 40)
pH_{KCl} , ед.	5,2–6,6	6,2±0,7	6,3±0,7
Подвижный калий, мг/кг	170–250	342±108	562±174
Подвижный фосфор, мг/кг	200–250	573±293	1046±513
Соотношение калия и фосфора	0,9–1,0	0,7±0,2	0,6±0,2
Обменный кальций, мг/кг	801–1200	637±135	1017±455
Обменный магний, мг/кг	91–150	152±47	221±80
Соотношение кальция и магния	8,0–8,8	4,7±1,5	4,7±1,4
Гумус, %	2,0–2,5	1,9±0,5	3,6±1,1
Медь, мг/кг	Средняя (1,6–3,0) Высокая (3,1–5,0) Избыточная (>5,0) ПДК 3,0	2,8±1,3	3,9±1,8
Цинк, мг/кг	Средняя (3,1–5,0) Высокая (5,1–10,0) Избыточная (>10,0) ПДК 23,0	2,8±0,9	6,6±3,3
Марганец, мг/кг	Высокая (6,1–10,0) Избыточная (>10,0)	85,7±10,6	113,8±28,3
Железо, мг/кг	–	210,5±62,8	222,5±56,3
Кобальт, мг/кг	Низкая (< 1,0) Средняя (1,1–2,5)	1,1±0,4	1,0±0,3
Кадмий, мг/кг	Кларк 0,03 и < ПДК 0,5	0,014±0,03	0,015±0,03
Свинец, мг/кг	Кларк 3,0 и < ПДК 40 (валовое)	1,3±0,4	1,2±0,7

Показатели	Оптимальные показатели (градации, ПДК)	Организации (N = 35)	ЛПХ (N = 40)
Цезий-137, кБк/м ² (Ки/км ²)	37–185 (5–10)	192±68 (5±2)	224±82(6±2)
Стронций-90,кБк/м ² (Ки/км ²)	18,5–37 (0,5–1,0)	20±7(0,5±0,2)	31±12(0,8±0,3)

Плотность загрязнения почв радионуклидами входит в градацию 5–10 Ки/км² (цезий-137) и 0,5–1,0 Ки/км² (стронций-90). Содержание меди и цинка в почвах ЛПХ высокое и превышает их содержание в почвах организаций, где оно входит в градацию средней обеспеченности данными веществами. Причем, содержание меди близко к ПДК или превышает ее. Содержание марганца избыточное, а кобальта – низкое и среднее. Токсичные элементы свинец и кадмий присутствуют в почвах на фоновом уровне.

Можно предположить, что при указанных показателях плодородия почв и уровней загрязнения их радионуклидами выращенный на них картофель будет соответствовать допустимым уровням содержания цезия-137. Однако высокое содержание МЭ и ТЭ, в частности, меди, цинка в почвах ЛПХ, а также нарушенные кальций-магниевое и калий-фосфорное соотношения могут привести к повышенному накоплению этих элементов, а также нитратов в картофеле. Относительно высокие уровни загрязнения почв стронцием-90 также могут приводить к превышению допустимых уровней радионуклида в растениях.

Оценка показателей плодородия почв, а также содержание в них потенциальных загрязнителей имеет значение для прогноза загрязнения продукции растениеводства. Зная коэффициенты перехода загрязнителей, можно по имеющимся данным о загрязнении почв и уровне их плодородия сделать предварительные выводы о необходимости контроля показателя для заключения о пригодности картофеля для собственного применения, объемах и периодичности контроля, прежде всего в ЛПХ, где не проводится сплошной систематический контроль.

Нитраты в продукции растениеводства. Нитраты широко распространены в природе и являются нормальными метаболитами любого живого организма. Когда питание растений разбалансировано по азоту, калию, фосфору, МЭ, растениям не хватает влаги и света, они аккумулируют большое количество нитратов. Все опасные последствия для человека вызывают нитриты, образующиеся из нитратов воды и пищи при хранении, кулинарной обработке и в пищеварительном тракте человека под действием разнообразных микроорганизмов, в том числе и необходимых для человека. Нитриты, взаимодействуя с гемоглобином, образуют метгемоглобин, не способный переносить кислород. Нитриты, соединяясь в желудочно-кишечном тракте с аминами и амидами, образуют нитрозосоединения, способные за 20–25 лет постоянного воздействия вызвать рак желудка. Нитрозамины токсичны и канцерогенны в присутствии дополнительных ферментных систем, которые всегда имеются в организме теплокровных организмов, а нитрозамиды проявляют эти свойства даже без дополнительной метаболизации и поражают, в первую очередь, кроветворную, лимфоидную, пищеварительную системы. Нитрозамины на ранних стадиях отравления подавляют иммунитет. Нитрозосоединения обладают мутагенной активностью [21].

Установлено, что в 60% исследованных проб картофеля (25, в том числе 16 в ЛПХ) содержание нитратов превышает допустимый уровень. Доля проб с превышением норматива (для картофеля поздних сортов созревания – 150 мг/кг натурального вещества) в ЛПХ и организациях составляет 33 и 25% соответственно. Известно, что на плодородных почвах растения накапливают много нитратов и без внесения азотных удобрений [1].

Вариабельность значений содержания нитратов наблюдается в интервале 65–343 мг/кг картофеля (рисунок 1).

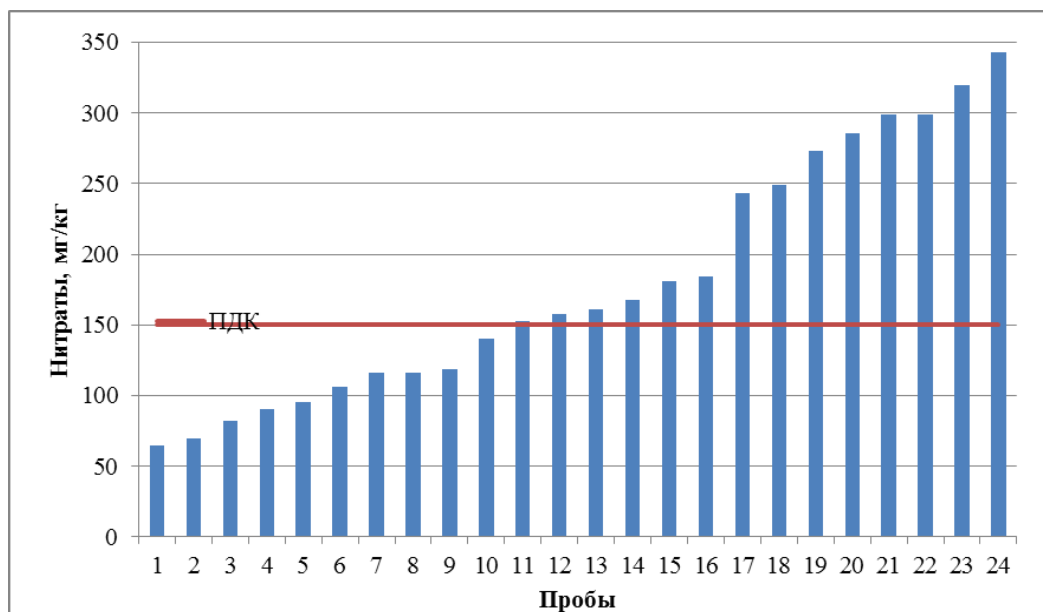


Рисунок 1 – Средние значения содержания нитратов в картофеле

Радионуклиды. Первичное действие ионизирующих излучений – это прямое попадание в биологические молекулярные структуры клеток и жидкие среды организма, вторичное – действие свободных радикалов, возникающих в результате ионизации, создаваемой излучением. Свободные радикалы вызывают разрушения целостности цепочек макромолекул белков и нуклеиновых кислот, что может привести как к массовой гибели клеток, так и к канцерогенезу и мутагенезу. Наиболее подвержены воздействию ионизирующего излучения активно делящиеся эпителиальные, стволовые, эмбриональные клетки [22].

Удельная активность цезия-137 в картофеле составляет 2 ± 1 Бк/кг, а максимальное значение – 6 Бк/кг, что значительно ниже допустимого уровня – 80 Бк/кг. Значения КП цезия-137 (отношение содержания радионуклидов в растениях к плотности загрязнения почвы, Бк/кг: кБк/м^2) для картофеля, варьирующие от 0,002 до 0,095, свидетельствуют об отсутствии риска получения картофеля с превышением допустимых уровней на минеральных почвах, где разрешено ведение сельскохозяйственного производства (до 40 Ки/км^2 цезия-137), а основные агрохимические мероприятия, такие как известкование, внесение минеральных и органических удобрений должны быть направлены на повышение и поддержание оптимального уровня плодородия почв и соотношения элементов питания.

Превышение в 1,7 раза допустимого уровня содержания стронция-90 в картофеле для продовольственных целей наблюдается в 20% исследованных проб (рисунок 2). Значения КП стронция-90 для картофеля составляют 0,04–0,49.

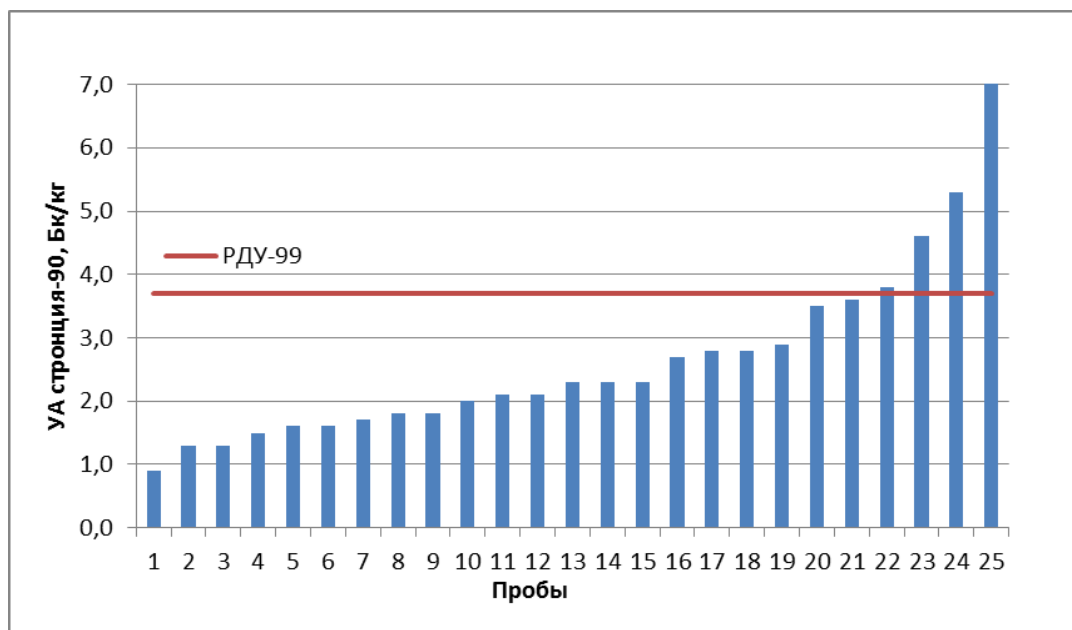


Рисунок 2 – Средние значения УА стронция-90 в картофеле

При таких параметрах существует риск производства картофеля с превышением допустимого уровня загрязнения на минеральных почвах с плотностью загрязнения стронцием-90 0,20 и более Ки/км². В случае превышения допустимых уровней загрязнения для пищевых целей картофель рекомендуется использовать для сельскохозяйственных животных.

Микроэлементы и токсичные элементы. Результатом токсического воздействия тяжелых металлов на организм является нарушение функционирования ряда его жизненно важных систем и инициирование нежелательных процессов. Свинец способен к замещению цинка в составе фермента, ингибируя таким образом синтез гема – важного компонента гемоглобина. Токсичные элементы могут воздействовать на структуру и функции многих клеточных органелл, ингибировать работу дыхательных ферментов в митохондриях. Кадмий и ртуть являются основными нефротоксикантами, они могут вызвать дисфункцию мужских и женских репродуктивных органов посредством воздействия на нейроэндокринную и гормональную системы, нарушения в работе нервной системы. Некоторые элементы (мышьяк, хром, никель, возможно, кадмий и др.) способны инициировать развитие раковых опухолей [22].

Содержание кадмия в картофеле составляет $0,004 \pm 0,002$ мг/кг натурального вещества, максимальное значение – 0,009 мг/кг, что в 3 раза ниже ПДК (0,03 мг/кг) для этого ТЭ.

Свинец присутствует в пробах картофеля в концентрации $0,03 \pm 0,01$ мг/кг, а максимальное значение элемента (0,5 мг/кг) в 10 раз ниже норматива – 0,05 мг/кг.

Отмечена относительно высокая концентрация железа в картофеле: $15,5 \pm 3,7$ мг/кг в сравнении со справочными данными – 9,9 мг/кг [9]. Содержание марганца $1,9 \pm 0,6$ мг/кг также выше табличных данных – 1,0 мг/кг (таблица 2).

Таблица 2 – Экспериментальные значения содержания МЭ в картофеле организаций и ЛПХ, мг/кг натурального вещества

Показатель	Цинк	Медь	Марганец	Кобальт
Содержание веществ в картофеле:				
организаций (N = 25)	$1,9 \pm 1,2$	$0,7 \pm 0,2$	$1,7 \pm 0,6$	$0,010 \pm 0,001$
ЛПХ (N = 25)	$1,8 \pm 0,4$	$0,7 \pm 0,3$	$2,1 \pm 0,5$	$0,009 \pm 0,005$
Справочные данные	7,0	0,8	1,0	0,010

Полученные данные согласуются с ранее установленными закономерностями увеличения содержания марганца в растениях вследствие внесения высоких доз фосфорных и азотных удобрений [13].

Среднее значение содержания в картофеле цинка составляет $1,8 \pm 0,8$ мг/кг, что ниже нормативных значений – 7,0 мг/кг; содержание кобальта – $0,009 \pm 0,004$ мг/кг и меди – $0,7 \pm 0,3$ мг/кг, что соответствует справочным данным: 0,01 мг/кг и 0,8 мг/кг соответственно. На рисунке 3 показано распределение показателей содержания МЭ в картофеле в зависимости от обеспеченности ими почв. В картофеле в большей степени проявляется дефицит цинка.

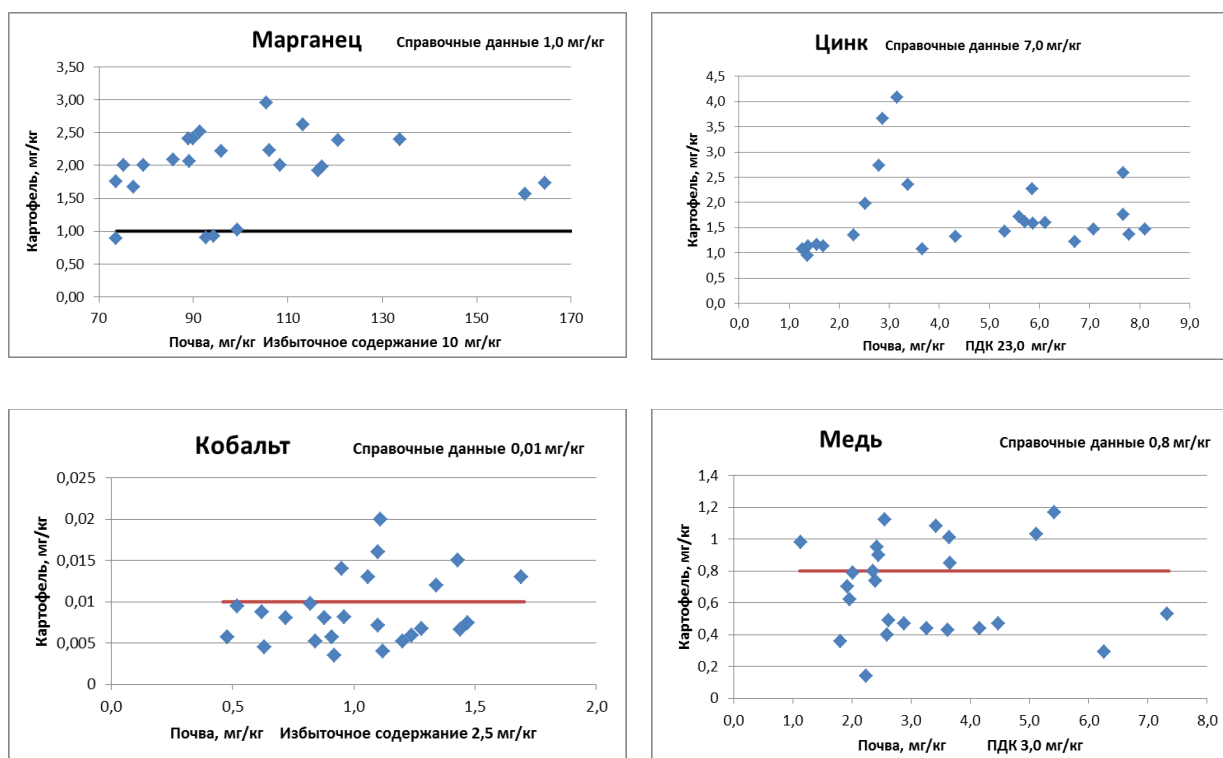


Рисунок 3 – Содержание МЭ в почвах и картофеле

Закключение

В значительном количестве исследованных проб картофеля (60%) превышен допустимый уровень содержания нитратов для пищевых целей. Партии картофеля, представленные этими пробами, рекомендовано использовать для фуражных целей для предупреждения негативных последствий воздействия нитратов на организм человека. Вопросы прогнозирования содержания нитратов в картофеле представляют наиболее сложную по сравнению с другими потенциальными загрязнителями задачу в связи с многофакторностью влияния почвенных, погодных, агрохимических условий произрастания на накопление минеральных форм азота в растениях. В связи с этим требуется систематический контроль содержания нитратов в продукции растениеводства, в том числе в картофеле личных подсобных хозяйств, произведенном для собственного потребления. Научно обоснованное применение органических и минеральных азотных удобрений позволяет повысить урожай картофеля и ограничить накопление избыточного нитратного азота в растениях.

В 20% исследованных проб картофеля наблюдается превышение содержания стронция-90, что связано с относительно высоким уровнем загрязнения почв Хойникского и Брагинского районов этим радионуклидом. При высоких уровнях плодородия почв, в том числе оптимальных уровнях кислотности почв, достигнутых сельскохозяйственными организациями на этих территориях, а также в ЛПХ, где почвы традиционно плодородные, решающим фактором, влияющим на уровень накопления стронция-90, является плотность загрязнения почв. В случае превышения допустимых уровней содержания стронция-90 в картофеле, также рекомендуется его использование для фуражных целей либо снижение или исключение потребления картофеля собственного производства.

Удельная активность цезия-137 в картофеле, произведенном на территориях радиоактивного загрязнения, значительно ниже допустимого уровня. Свинец и кадмий обнаружены в картофеле в количествах, не превышающих предельно допустимые концентрации. Отмечена относительно высокая концентрация железа и марганца, низкая – цинка, а кобальта и меди – соответствующая справочным среднестатистическим данным Республики Беларусь для картофеля. Полученные

результаты свидетельствуют о том, что содержание цезия-137, тяжелых металлов и микроэлементов в картофеле на минеральных плодородных почвах не вызывает опасений. Для получения в будущем качественной и безопасной продукции необходимо поддержание оптимального уровня плодородия почв и сбалансированного питания растений.

Список используемой литературы

1. **Вильдфлуш, И. Р.** Агрохимия / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск : Ураджай, 1995. – 480 с.
2. **Овчаренко, М. М.** Влияние известкования и кислотности почвы на поступление в растения тяжелых металлов / М. М. Овчаренко [и др.] // Агрохимия. – 1996. – № 1. – С. 74–84.
3. **Республиканские** допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99) : гигиенические нормативы № 10-117-99 : утв. постановлением Главного государственного санитарного врача Респ. Беларусь от 26 апр. 1999 г. № 16 (с изм. и доп. от 16 апр. 2001 г. № 26) // Министерство здравоохранения Респ. Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http:// minzdrav.gov.by](http://minzdrav.gov.by). – Дата доступа : 10.03.2016.
4. **Требования** к продовольственному сырью и пищевым продуктам : санитарные нормы и правила; показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов : гигиенический норматив : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 21 июня 2013 г. № 52 (с доп. и изм. от 22 апреля 2014 г. № 29) // Министерство здравоохранения Респ. Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http:// minzdrav.gov.by>. – Дата доступа : 10.03.2016.
5. **О качестве** и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов для жизни и здоровья человека : Закон Респ. Беларусь от 29 июня 2003 г. № 217-3 (с изм. и доп. от 5 июля 2004 г. № 302-3, от 20 июля 2006 г. № 162-3, от 9 июля 2007 г. № 247-3, от 29 мая 2008 г. № 343-3, от 7 января 2012 г. № 340-3, от 4 января 2014 г. № 130-3) // Эталон-Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2014.
6. **Крупномасштабное** агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь : методические указания / Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, Междунар. ин-т калия ; под ред. И. М. Богдевича. – Минск, 2006. – 64 с.
7. **Предельно допустимые** концентрации (ПДК) подвижных форм хрома, цинка, кадмия в почвах (землях) различных функциональных зон населенных пунктов, промышленности, транспорта, связи, энергетики, обороны и иного назначения : гигиенические нормативы : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 6 ноября 2008 г. № 187 // Министерство здравоохранения Респ. Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http:// minzdrav.gov.by>. – Дата доступа : 10.03.2016.
8. **Предельно допустимые** концентрации подвижных форм никеля, меди и валового содержания свинца в землях (включая почвы), расположенных в границах населенных пунктов, для различных видов территориальных зон по преимущественному функциональному использованию территорий населенных пунктов : нормативы : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 19 нояб. 2009 г. № 125 // Министерство здравоохранения Респ. Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http:// minzdrav.gov.by>. – Дата доступа : 10.03.2016.
9. **Справочник** нормативов трудовых и материальных затрат для ведения сельскохозяйственного производства / Нац. акад. наук Беларуси ; Ин-т экономики; Центр аграрной экономики ; под ред. В. Г. Гусакова ; сост. Я. Н. Бречко, М. Е. Сумонов. – Минск : Бел. наука, 2006. – 709 с.
10. **Минеев, В. Г.** Агрохимия, биология и экология почвы : учеб. пособие / В. Г. Минеев, Е. Х. Ремпе. – Москва : Росагропромиздат, 1990. – 206 с.
11. **Назарюк, В. М.** Качество овощей в связи с применением высоких доз азотных удобрений / В. М. Назарюк // Вестн. сельскохоз. науки. – 1988. – № 11. – С. 61–68.
12. **Беляков, М. А.** Влияние длительного систематического применения удобрений на изменение качества продукции овощей и картофеля и содержания токсинов в почве / М. А. Беляков, Т. М. Столбова, О. М. Путинцева // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сб. ст. : В 3 кн. Кн.1 / Алтай. гос. аграр. ун-т. – Барнаул : АГАУ, 2010. – С. 451–454.
13. **Ельников, И. И.** Агроэкологическая оценка действия фосфорных удобрений по содержанию и соотношению элементов в листьях кукурузы / И. И. Ельников, А. Н. Кочетов // Агрохимия. – 1992. – № 12. – С. 16–26.

14. **Иванова, Т. И.** Прогнозирование эффективности удобрений с использованием математических моделей / Т. И. Иванова. – Москва : Агропромиздат, 1989. – С. 94–116.
15. **Рекомендации** по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь / под. ред. И. М. Богdevича. – Минск, 2003. – 72 с.
16. **Путятин, Ю. В.** Влияние калийных удобрений и кислотности дерново-подзолистой супесчаной почвы на урожайность и накопление цезия-137 и стронция-90 зерновыми культурами / Ю. В. Путятин, Т. М. Серая, И. А. Добровольская // Агрохимия. – 2005. – № 7. – С. 59–65.
17. **Кузнецов, В. К.** Влияние фосфорных удобрений на накопление ¹³⁷Cs сельскохозяйственными культурами / В. К. Кузнецов [и др.] // Агрохимия. – 2001. – № 9. – С. 47–53.
18. **Потатуева, Ю. А.** Влияние длительного последствия известкования на агрохимические свойства почвы, продуктивность сельскохозяйственных культур и содержание микроэлементов, тяжелых металлов, токсичных элементов в почве и растениях / Ю. А. Потатуева, В. Г. Игнатов // Агрохимия. – 2011. – № 3. – С. 63–71.
19. **Головатый, С. Е.** Тяжелые металлы в агроэкосистемах / С. Е. Головатый. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2002. – 239 с.
20. **Опопель, Н. И.** Об особенностях токсического воздействия нитратов, содержащихся в растительных продуктах / Н. И. Опопель // Вопр. питания. – 1991. – № 6. – С. 15–20.
21. **Ярмоненко, С. П.** Радиобиология человека и животных : учеб. пособие / С. П. Ярмоненко, А. А. Вайнсон. – М. : Высш. шк., 2004. – 549 с.
22. **Титова, В. И.** Экотоксикология тяжелых металлов : учеб. пособие / В. И. Титова, М. В. Дабахов, Е. В. Дабахова. – Н. Новгород : НГСХА, 2001. – 135 с.

Получено 15.03.2016 г.